

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-341296

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl.

H04N 1/60
G06T 5/00
H04N 1/46

(21)Application number : 10-148131

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 28.05.1998

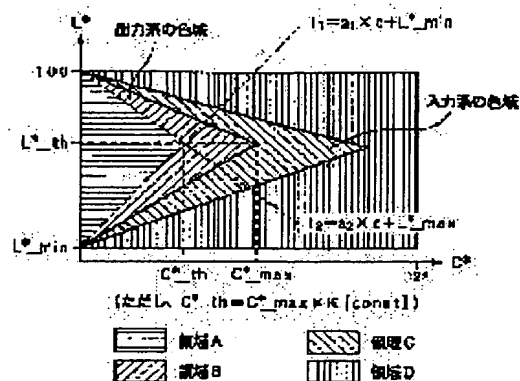
(72)Inventor : ITO MASAHIKO
KATO NAOYA

(54) COLOR AREA CONVERSION METHOD AND COLOR AREA CONVERTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform color reproduction between the different kinds of devices in an image input/output system by combining the color correction of the levels of the one dimension of lightness, the three dimensions of the lightness, saturation and a hue and the two dimensions of the lightness and the saturation.

SOLUTION: At the time of dividing the color reproduction area of an input system into the four areas of A, B, C and D by a straight line I1 crossing a point C*-th on the lightness L*-th provided with the maximum value C*-max of the saturation of the color reproduction range of an output system and passing through the minimum value L*-min of the lightness and the straight line I2 passing through the maximum value L*-max, the color area of the input system is defined as an A+B+C area, the color area of the output system is defined as an A+B area and D is defined as the area other than the input/output systems. In the case of performing correction, after performing the one-dimensional correction of a lightness direction by a power function, three-dimensional compression for turning the color area of the output system to the area A+B is performed in the areas C and D and then, the two-dimensional compression/expansion of the area B+C to the area B is performed. Thus, even in the case that the color areas of the output system and the input system are different, the features of contrast or the like of images are preserved at maximum and reproduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-341296

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) IntCl.⁶ 識別記号

H 0 4 N 1/60

G 0 6 T 5/00

H 0 4 N 1/46

F I

H 0 4 N 1/40

G 0 6 F 15/68

H 0 4 N 1/46

D

3 1 0 A

Z

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-148131

(22) 出願日 平成10年(1998) 5月28日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6丁目7番35号

(72) 発明者 伊藤 雅彦

東京都品川区北品川 6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 加藤 直哉

東京都品川区北品川 6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

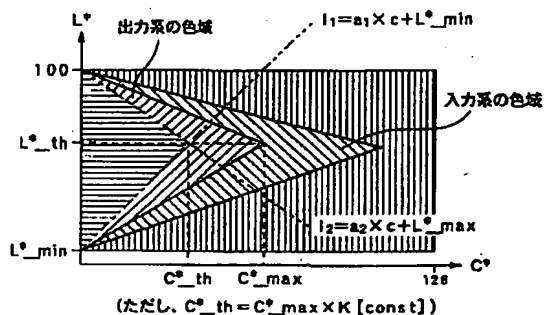
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 色域変換方法及び色域変換装置

(57) 【要約】

【課題】 DTP等の画像入出力システムにおける異種デバイス間でより自然な色再現ができるようにする。

【解決手段】 出力系の色再現範囲(色域)と入力系の色域とが異なる場合に、明度方向におけるダイナミックレンジの違いについて、所定の関数により色補正を行う。次に、例えば領域C、Dで出力系の色域を領域(A+B)とした3次元圧縮を行い、次に領域(B+C)を領域Bへ2次元圧縮(収縮)を行う。



領域A

領域B

領域C

領域D

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 出力系の色再現範囲と入力系の色再現範囲とが異なる場合に、明度方向におけるダイナミックレンジの違いについて、所定の関数により色補正を行い、明度・彩度・色相の 3 次元レベルの圧縮と明度・彩度の 2 次元レベルの収縮又は伸張とを組み合わせた色補正を行うことにより、入力系の色再現範囲の色を出力系の色再現範囲の色に変換することを特徴とする色域変換方法。

【請求項 2】 明度方向におけるダイナミックレンジの違いについて、べき乗関数により色補正を行うことを特徴とする請求項 1 記載の色域変換方法。

【請求項 3】 上記 3 次元レベルの圧縮を行った後に、上記 2 次元レベルの収縮又は伸張を行うことを特徴とする請求項 1 記載の色域変換方法。

【請求項 4】 上記 2 次元レベルの伸張を行った後に、上記 3 次元レベルの圧縮を行うことを特徴とする請求項 1 記載の色域変換方法。

【請求項 5】 CIE/L^*C^*h 色空間のカラー画像データについて、色相 h を一定の下、明度 L^* と彩度 C^* の 2 次元平面上において、

出力系の色再現範囲の彩度最大値 C^*_{max} を有する明度値 L^*_{th} 上の点 (C^*_{th} , L^*_{th}) で互いに交差し、上記出力系の色再現範囲の明度 L^* の最小値 L^*_{min} を通る第 1 の直線と、上記出力系の色再現範囲の明度 L^* の最大値 L^*_{max} を通る第 2 の直線で入力系の色再現領域を 4 分割し、

第 1 の直線より上で上記第 2 の直線より下の領域 A の色と、上記領域 A 以外で出力系の色再現領域に一致する入力系の領域 B の色と、入力系の色再現領域で出力系の色再現領域と一致する領域以外の領域 C の色と、出力系及び入力系の色再現領域以外の領域 D の色とについて、上記領域 A の色はそのままとし、上記 3 次元レベルの圧縮と上記 2 次元レベルの収縮又は伸張とを組み合わせた色補正を行うことを特徴とする請求項 1 記載の色域変換方法。

【請求項 6】 上記領域 C 及び上記領域 D の各色について、上記領域 A 及び上記領域 B への上記 3 次元レベルの圧縮を行い、

上記領域 B 及び上記領域 C の各色について、上記領域 B への 2 次元レベルの収縮を行うことを特徴とする請求項 5 記載の色域変換方法。

【請求項 7】 上記領域 B、上記領域 C、及び上記領域 D の各色について、上記領域 A への上記 3 次元レベルの圧縮を行い、

上記領域 B の色について、上記領域 B 及び上記領域 C への 2 次元レベルの伸張を行うことを特徴とする請求項 5 記載の色域変換方法。

【請求項 8】 上記領域 B の色について、上記領域 B 及び上記領域 C への 2 次元レベルの伸張を行い、

上記領域 D 及び上記領域 C の各色について、上記領域 A 及び上記領域 B への 3 次元レベルの圧縮を行うことを特徴とする請求項 5 記載の色域変換方法。

【請求項 9】 上記領域 B の色について、上記領域 B 及び上記領域 C への 2 次元レベルの伸張を行い、上記領域 D の色について、上記領域 A、上記領域 B、及び上記領域 C への 3 次元レベルの圧縮を行うことを特徴とする請求項 5 記載の色域変換方法。

【請求項 10】 入力系からの入力色信号を出力系の出力色信号に変換する色域変換装置において、

出力系の色再現範囲と入力系の色再現範囲とが異なる場合に、明度方向におけるダイナミックレンジの違いについて、所定の関数により色補正を行った後に、明度・彩度・色相の 3 次元レベルの圧縮と明度・彩度の 2 次元レベルの収縮又は伸張とを組み合わせた色補正を行うことにより作成された変換テーブルを用いて、入力系の色再現範囲の色を出力系の色再現範囲の色に変換する変換処理手段を備えたことを特徴とする色域変換装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、出力系の色再現範囲（以下、色域という。）と入力系の色域とが異なる場合に適用される色域変換方法及びこの色域変換方法が用いられた色域変換装置に関し、例えば色域の大きいモニタ上のカラー画像信号を色域の小さいプリンタによりハードコピー出力する場合のように、デスクトップパブリッシング（DTP）等の画像入出力システムにおける異種デバイス間でカラー画像データの入出力を行う場合に好適に用いられる。

【0002】

【従来の技術】近年、電子デバイスの目覚ましい低価格化・高速度化が急速に進展するに伴って、カラーデスクトップパブリッシング（カラー DTP）やインターネット等のネットワークが広く普及し、カラー画像を扱う様々な電子デバイス（以下、単にデバイスという。）がシステム化されている。それに伴い、例えばモニタ上のカラー画像信号をプリンタによりハードコピー出力する場合の如く、画像入出力システム上の異種デバイス間においてカラー画像を同じ色で再現しようという、いわゆるデバイスインディペンデントカラー（Device independent Color: DIC）の概念が要求されるようになってきた。

【0003】この DIC を実現するためのシステムは、一般的にカラーマネジメントシステム（Color Management System: CMS）と呼ばれている。CMS では、入出力デバイスの色信号における物理的な測色値を合わせることによって DIC の実現を図ろうとしている。例えば、図 18 に示すビデオカメラ 61、モニタ 62、プリンタ 63 等のデバイスからなる CMS では、入力画像及び出力画像の色信号は、上記各デバイスに依存した色信

号であるため、入力系のデバイスであるビデオカメラ61及びモニタ62の色信号と、出力系のデバイスであるプリンタ63の色信号とにおける物理的な測色値を相互に合わせることを要求される。

【0004】例えば、図18に示すこのCMSにおいては、入力系のデバイスであるモニタ62の入力画像の色信号は、そのデバイスに依存したRGBの色信号であるため、図19に示すように、所定の変換式もしくは変換テーブルによる入力用デバイスプロファイル（モニタプロファイル）を用いてデバイスに依存しない色信号に変換され、さらに出力用デバイスプロファイル（プリンタプロファイル）により出力系のデバイスであるプリンタ63に依存するCMYK等の色信号に変換されて、このプリンタ63から出力画像として出力されることになる。

【0005】このように、CMSでは、入力系の色信号から出力系の色信号へ変換するときに、デバイスプロファイル（単にプロファイルと呼ぶこともある。）と呼ばれる変換式もしくは変換テーブルにより、各デバイスに依存しない色空間（CIE/XYZ等）における色信号に一度変換することによって上記DICを実現している。ここで、デバイスプロファイルとは、デバイスの色信号（RGB、CMYK等）と色彩計等により測定した色彩値（XYZ、 $L^*a^*b^*$ 、CIE/ L^*C^*h 等）の関係から算出したパラメータ群のファイルと考えてよい。

【0006】しかしながら、各入出力デバイスは、色の再現範囲（Gamut:）すなわち色域が限られている。そして、この色域は、各デバイスごとに大きく異なっている。このため、異種デバイス間で完全に同じ色の再現を行うことは物理的に不可能であり、特に、上述した各デバイスごとの色域の差異がCMSの実現を妨げる大きな障壁となっていた。以下、この点について、コンピュータグラフィック（CG: Computer Graphic）モニタとインクジェットプリンタ（以下、単にプリンタという。）を例に説明する。

【0007】周知のように、CGモニタは、赤色（R）、緑（G）、青色（B）の3原色の蛍光体の発色による加法混色で色再現を行っている。このため、CGモニタの色域については、使用する蛍光体の種類によって決定される。一方、プリンタは、シアン（C）、マゼンタ（M）、イエロー（Y）、ブラック（K）のインクで色再現を行っているのだが、その色域については、使用するインクだけでなく、画像の記録媒体となる紙の種類や階調の再現方式によっても異なる。

【0008】そして、CGモニタの色域GMmonとプリンタの色域GMijpを L^* 方向に積分し a^*-b^* 平面上にプロットした図20に示すように、プリンタの色域GMijpは、モニタの色域GMmonよりも小さく、特にG（Green）やB（Blue）の色域は非

常に小さい。また、図20においてあまり差の出ない他の色相においても、彩度のピークが明度方向でずれている。このため、CGモニタに表示された色をプリンタで出力する際の色再現を考えた場合、CGモニタ上の高明度・高彩度領域での色をプリンタで再現して出力することは物理的に不可能である。

【0009】このように、出力系のデバイス（以下、出力デバイスという。）の色域が入力系のデバイス（以下、入力デバイスという。）の色域よりも小さい場合には、入力デバイスで表示されたすべての色を出力デバイスによって再現することは不可能となる。従って、このような場合には、何らかの処理を行うことによって、入力デバイスの色域を出力デバイスの色域内に納めるようにしなければならない。このとき、入力デバイスで表現されている画像情報（階調性や色合い等）をなるべく保ちつつ、入力デバイスの色域を出力デバイスの色域内に納めることが必要となる。すなわち、入力された元の画像情報をなるべく保ちつつ、色再現範囲外の色を色再現範囲内にもってくる（押し込む）ような色修正処理が必要になる。

【0010】このように、物理的に再現不可能な色を何らかの処理により出力デバイスの色域内に押し込む処理のことを、一般に色域圧縮（Gamut Compression）と呼んでいる。なお、ここでは、出力デバイスの色域の方が広い場合も考慮して、入力デバイスの色域と出力デバイスの色域とが異なる場合に、入力デバイスの色域を出力デバイスの色域に変換する処理のことを色域変換（Gamut Mapping）と呼ぶことにする。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】出力デバイスであるプリンタの場合、その色域が他のデバイスに比べて非常に狭いことから、この色域変換の手法が色再現性を左右する場合も少なくない。この色域変換は、デバイスに依存しない共通の色空間上で行い、特に人間の視覚特性に合ったCIE/ L^*C^*h 色空間上で行うのが最も一般的である。

【0012】ここで、人間の色に対する知覚には、色の明るさを表す明度（Lightness）、色の鮮やかさを表す彩度（Chroma）、色の系統を表す色相（Hue）の3属性がある。そして、この人間の知覚の3属性に基づいた色空間として、上記CIE/ L^*C^*h 色空間がある。このCIE/ L^*C^*h 色空間は、 $L^*a^*b^*$ 色空間を極座標に変換した色空間であり、 L^* が明度（明るさ）、 C^* が彩度（鮮やかさ）、 h が色相（色の系統）をそれぞれ表している。CIE/ L^*C^*h 色空間では、この3属性を独立したパラメータとして取り扱うことができる。

【0013】上記色域変換は、上記CIE/ L^*C^*h 色空間において、色相 h を一定に保ちつつ、明度 L^* と彩度 C^* の2次元平面上で行うのがよいと一般に言われている。具体的には、色域変換の手法としては、図21に

示すように、明度 L^* と色相 h を一定にして、彩度 C^* のみを圧縮する彩度圧縮法や、図22に示すように色相 h を一定にして、 $(L^*, a^*, b) = (50, 0, 0)$ の方向へ圧縮を行う明度圧縮法などが知られている。さらには、色相 h までを含めた3次元で圧縮を行う色域変換として色差における3つの項（明度差、彩度差、色相差）それぞれに重み（以下、圧縮係数と呼ぶ。）を付け、その上での色差が最小となるような方向へ色域変換を行う手法が提案されている。

【0014】ところで、上述した彩度圧縮法や明度圧縮法のように、色相 h を一定にして色域変換を行うと、明度方向若しくは彩度方向に強く圧縮しなければならず、次のような問題が発生する。

【0015】明度 L^* 方向の圧縮を行うと、コントラストを低下させ画像全体の立体感を失わせる。一方、彩度 C^* 方向の圧縮を行うと、鮮やかさが低下しインパクトのない画像になってしまう。したがって、色相 h を一定にして色域変換を行うと、CG（Computer Graphic）画像のように彩度が非常に高く、立体感のある画像に対してはその特徴をかなり失わせてしまうことになる。

【0016】このような特徴を可能な限り失わせないようにするためには、ある程度色相 h を変化させた色域変換を行うこととして、明度 L^* 方向及び彩度 C^* 方向の圧縮率を小さくしたほうが良いと考えられる。この問題点を解決するために本発明者によって先の特願平08-238760号において提案された色域変換の手法が、上述した圧縮係数を付ける手法であり、この手法によれば、明度 L^* 、彩度 C^* 、色相 h でバランスよく圧縮を行うことが可能となる。しかしながら、この手法によれば、色域外のデータがすべて色域の表面上に変換されてしまい、その結果、同じ方向に圧縮される色はすべて同じ色にマッピングされ階調性が失われてしまう、という問題点があった。

【0017】本発明は、このような実情に鑑みて提案されたものであって、DTP等の画像入出力システムにおける異種デバイス間でより自然な色再現ができるようにした色域変換方法及び色域変換装置を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明に係る色域変換方法は、上記課題を解決するため、出力系の色再現範囲と入力系の色再現範囲とが異なる場合に、明度方向におけるダイナミックレンジの違いについて、所定の関数により色補正を行い、明度・彩度・色相の3次元レベルの圧縮と明度・彩度の2次元レベルの収縮又は伸張とを組み合わせた色補正を行うことにより、入力系の色再現範囲の色を出力系の色再現範囲の色に変換する。

【0019】色域変換方法においては、明度方向におけるダイナミックレンジの違いについて、所定の関数により色補正を行うことにより、画像の低明度での階調性が

保存され、出力デバイスの色域が最大限に利用可能となる。また、明度・彩度・色相の3次元レベルの圧縮と明度・彩度の2次元レベルの収縮又は伸張とを組み合わせた色補正を行うことにより、画像の特徴を最大限に保存することが可能となる。

【0020】本発明に係る色域変換装置は、上記課題を解決するため、出力系の色再現範囲と入力系の色再現範囲とが異なる場合に、明度方向におけるダイナミックレンジの違いについて、所定の関数により色補正を行った後に、明度・彩度・色相の3次元レベルの圧縮と明度・彩度の2次元レベルの収縮又は伸張とを組み合わせた色補正を行うことにより作成された変換テーブルを用いて、入力系の色再現範囲の色を出力系の色再現範囲の色に変換する変換処理手段を備える。

【0021】色域変換装置においては、変換処理手段が、上記変換テーブルを用いて入力系の色再現範囲の色を出力系の色再現範囲の色に変換する。

【0022】本発明者は、色域変換についてはこれまでに、明度及び彩度の2次元の圧縮方法（特開平09-098298号）及び、明度、彩度、色相の3次元の圧縮方法（特願平08-238760号）に関する発明を提案した。上記2次元の色域圧縮は高彩度領域の階調性を重要視した圧縮であり、上記3次元の色域圧縮は画像のコントラストの低下を防ぎ、立体感のある鮮やかさを保存できる圧縮である。

【0023】本発明は、入出力デバイスの違いによる明度方向のずれの補正（明度方向の1次元の色域変換）と、上述した2つの色域圧縮方法とを組み合わせることで実現している。さらに、本発明は、上述した2つの色域圧縮方法を基礎として、さらに発展させた構成としている。これにより、本発明は、出力デバイスの色域の方が入力デバイスの色域よりも広い場合にも適用可能となっている。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態につき図面を参照しながら詳細に説明する。本発明は、デバイスプロファイルを作成したり、デバイスインディペンデントカラー（DIC）を実現するときの画像変換の際などに利用されるものである。以後、デバイスプロファイルを作成することを想定して説明を行う。ここでのデバイスプロファイルとはルックアップテーブル（LUT：Look Up Table）のモデルを指しているが、本発明の色域変換方法は、これに限定されるものではなく、物理モデル等を用いて再現不可能な色をマッピングする際にも適用可能である。

【0025】以下に、出力系のデバイスであるCMY出力のインクジェットプリンタ（以下、単にプリンタという。）で本発明の色域変換方法を用いた場合について説明する。具体的には、本発明の色域変換方法は、このプリンタのROM（Read Only Memory）等に格納される逆

方向ルックアップテーブル(LUT: Look Up Table)を作成する際に適用される。すなわち、このプリンタでは、入力系のデバイスであるモニタ等に表示された画像を紙に出力する場合に、マイコン等の制御部が上記ROM等に格納された逆方向LUTに従って色信号の変換処理を行うことにより、上記モニタ等に表示された画像がこのプリンタの色域内で紙に表現されるようになっている。

【0026】上記逆方向LUTを作成する場合には、まず予め順方向LUTを作成する必要がある。そして、すべての入力系のデバイスに対して、図1に示すように、順方向LUTと逆方向LUTの2方向のLUTを作成する。ここで、順方向LUTとは、デバイスに依存する色信号(以下、デバイス信号と呼ぶ。)をデバイスに依存しない色信号(以下、単に色彩信号と呼ぶ。)に変換するためのLUTである。また、逆方向LUTとは、色彩信号をデバイス信号に変換するためのLUTである。なお、この実施の形態では、デバイス信号としてCMYの信号を、色彩信号として $L^*a^*b^*$ の信号をそれぞれ用いることとする。

【0027】 $L^*a^*b^*$ 信号をCMYの信号に変換するときに利用される逆方向LUTを作成する場合、最初に、CMY信号の色空間におけるCMY信号に対する $L^*a^*b^*$ 信号を算出して順方向LUTを作成し、次に、その順方向LUTに対する逆方向LUTの $L^*a^*b^*$ 信号の値及び $L^*a^*b^*$ 信号に対するCMY信号の値を逆変換により算出し、最後に、その逆方向LUTにおいて定義されていない $L^*a^*b^*$ 信号に対するCMY信号の値を、本発明の色域変換方法を用いて設定する。

【0028】上記順方向LUTの作成にあたっては、まず、分光測色器等によりデバイス信号の測定を行う。具体的には、図2(A)に示すように、CMY空間で均等に配置された N^3 ($N \times N \times N$)等のカラーパッチを用いて、分光測色器等により各カラーパッチの色彩値(CIE/ $L^*a^*b^*$)の測定を行う。そして、図1に示すように、順方向LUTのCMY及び $L^*a^*b^*$ の各欄には、各カラーパッチについてのCMY信号の各成分の値と、 $L^*a^*b^*$ 信号の値との対応関係が記載される。すなわち、順方向LUTのCMY及び $L^*a^*b^*$ の各欄には、分光測色器等から出力された各カラーパッチについての測定データそのものが記載されることになる。なお、上記各カラーパッチについては、どのような配置にしても構わないが、デバイスの色空間を十分に満たすような配置とする必要がある。従って、各カラーパッチがデバイスの色空間を必ずしも十分に満たしていないような配置とされた場合には、順方向LUTは、分光測色器等の測定データをもとに補間により算出することで作成

される。

【0029】逆方向LUTは、図1に示すように、この順方向LUTを逆変換することにより作成することができる。具体的には、測定データを $L^*a^*b^*$ としたとき、逆方向LUTは、例えば図1の右側の $L^*a^*b^*$ 欄に示すように、 $0 \leq L^* \leq 100$ 、 $-128 \leq a^* \leq 128$ 、 $-128 \leq b^* \leq 128$ とした $L^*a^*b^*$ 空間(図2(B)参照)を M^3 ($M \times M \times M$)に分割し、そのグリッド上のCMY出力値を保存しているテーブルとなる。そして、この逆方向LUTを作成するときに色域変換を用いる必要が生じる。

【0030】図3に、上記 N^3 のカラーパッチを測定した場合の分光測色器等の測定データをもとに逆方向LUTを作成する処理についてのフローチャートを示す。 N^3 のカラーパッチの測定データは、図2(A)に示すように、CMY空間上では均等に配置されているが、このデータを色彩空間 $L^*a^*b^*$ 上でプロットすると、図2(B)に示すように、不規則な配置となってしまう。逆方向LUTの作成は、上述のように、 $L^*a^*b^*$ 空間を M^3 ($M \times M \times M$)に分割し、そのグリッド上のCMY出力値を求めることにより行う。しかしながら、図2からも分かるように、すべてのグリッドが出力デバイスの色域内となっているわけではないので、ステップS1で、グリッド上の $L^*a^*b^*$ が出力デバイスの色域内かどうかの判定を行う。このステップS1の判定は、以下のようにして行う。

【0031】まず、 N^3 の測定データをラグランジュ補間することによって、その疑似測定データを求める。この N^3 の疑似測定データは、図4(A)、(B)に示すように、 $(N-1)^3$ の6面体で構成される。なお、この6面体は、図4(A)に示すが如く、CMY空間では全く歪みのない立方体であっても、 $L^*a^*b^*$ 空間では図4(B)に示すように、歪んだ6面体となる。

【0032】次に、この6面体を、図5(A)或いは図5(B)に示すように、5個の4面体に仮想的に分割する処理を行う。

【0033】続いて、グリッド上の $L^*a^*b^*$ が、分割された4面体のうちのいずれかの4面体に入っているかを判別する。この判別は、以下のようにして行う。

【0034】図6(A)及び(B)に示すように、入力の $L^*a^*b^*$ を点P($L^*P^*a^*P^*b^*P^*$)とし、ある4面体の頂点の座標を($L^*i^*a^*i^*b^*i^*$)($i=0, 1, 2, 3$)とした場合、次式数1を用いて点Pを算出することができる。

【0035】

【数1】

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L^*_1 - L^*_0 & L^*_2 - L^*_0 & L^*_3 - L^*_0 \\ a^*_1 - a^*_0 & a^*_2 - a^*_0 & a^*_3 - a^*_0 \\ b^*_1 - b^*_0 & b^*_2 - b^*_0 & b^*_3 - b^*_0 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} L^*_p - L^*_0 \\ a^*_p - a^*_0 \\ b^*_p - b^*_0 \end{bmatrix}$$

【0036】すなわち、上記数1において、

$\alpha \geq 0$, $\beta \geq 0$, $\lambda \geq 0$, and $\alpha + \beta + \lambda \leq 1$

が成り立てば、点Pはその4面体に含まれていることになる。従って、分割したいいずれかの4面体において上式が成り立てば、グリッド上の点P ($L^* a^* b^*$) は色域内に含まれていることになるので、グリッド上の $L^* a^* b^*$ が出力デバイスの色域内であると判定する。この場合には、ステップS2に進み、どの4面体に含まれているかについて特定して、ステップS3に進む。

【0037】そして、ステップS3では、特定した4面体について、以下のようにして線形補間を行うことにより*

$$\begin{bmatrix} c_p \\ m_p \\ y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 - c_0 & c_2 - c_0 & c_3 - c_0 \\ m_1 - m_0 & m_2 - m_0 & m_3 - m_0 \\ y_1 - y_0 & y_2 - y_0 & y_3 - y_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_0 \\ m_0 \\ y_0 \end{bmatrix}$$

【0039】従って、この場合には、上式によって算出した値を次のステップS5で図1に示す逆方向LUTのCMYの欄に記載する。

【0040】一方、上記ステップS1で、分割したいいずれの4面体においても上式が成り立たない場合には、グリッド上の $L^* a^* b^*$ の色彩信号P ($L^* p$, $a^* p$, $b^* p$) については、出力デバイスの色域外であり、色域変換を必要とする。従って、この場合には、ステップS4で色域変換処理を行って、この変換処理によって算出された値を次のステップS5で図1に示す逆方向LUTのCMYの欄に記載する。

【0041】ステップS4における色域変換は、まずはじめに明度方向の違いをべき乗などの関数を使用して色補正を行う。その後、明度・彩度・色相の3次元の圧縮と明度・彩度の2次元の圧縮を組み合わせた色補正を行うようにする。以下に、それぞれ1次元の圧縮、2次元の圧縮、3次元の圧縮についての説明を行う。

【0042】「1次元の圧縮：明度の色域変換」この1次元の圧縮は、デバイスの違いによる明度方向のずれの補正を行うために、彩度及び色相を一定にして明度について圧縮又は伸張の処理を行うものである。出力デバイスの最大濃度が入力デバイスのそれよりも低いとき、換言すれば出力デバイスの明度 L^* が入力デバイスのそれよりも高いときには、色補正処理の方法によっては黒つぶれが生じてしまい、結果として低明度領域での階調性が無くなってしまう。逆に、出力デバイスの最大濃度が入力デバイスの最大濃度よりも高い（明度 L^* が低い）ときには、出力デバイスは、その色域を最大限に利用しない結果となってしまふ。

【0043】この問題を解決するためには、なんらかの補正を実行することにより、図7に示すように、明度方

向のずれを補正する必要がある。この明度方向のずれの補正については、図8に示すように、さまざまな関数を適用することが可能であるが、ここでは特に、ニー (Knee) 補正やガンマ (Gamma) 補正で用いられるべき乗の関数を用いて行うのがよい。べき乗関数を用いて圧縮を行うのであれば、補正前の明度を L^*_{in} 、補正後の明度を L^*_{out} 、補正後の明度を L^*_{out} としたとき、 $L^*_{out} = (100 - L^*_{min}) \times (L^*_{in} / 100)^\gamma + L^*_{min}$ に変換し出力すればよい。出力デバイスが入力デバイスよりも最大濃度が低い（明度 L^* が高い）ときには、 γ の値は1.0～1.3が適当と考えられ、明度方向のずれが大きい程 γ の値を大きくすればよい。逆に、出力デバイスが入力デバイスよりも最大濃度が高い（明度 L^* が低い）ときには、 γ の値は0.75～1.0が適当と考えられ、明度方向のずれが大きい程 γ の値を小さくすればよい。このように、入力デバイスと出力デバイス相互間の明度方向のずれの補正を行うことにより、黒つぶれ等の現象の発生を抑制し、画像の低明度での階調性を保存することが可能となり、出力デバイスの色域も最大限に利用することができるようになる。

【0038】

【数2】

向のずれを補正する必要がある。この明度方向のずれの補正については、図8に示すように、さまざまな関数を適用することが可能であるが、ここでは特に、ニー (Knee) 補正やガンマ (Gamma) 補正で用いられるべき乗の関数を用いて行うのがよい。べき乗関数を用いて圧縮を行うのであれば、補正前の明度を L^*_{in} 、補正後の明度を L^*_{out} 、補正後の明度を L^*_{out} としたとき、 $L^*_{out} = (100 - L^*_{min}) \times (L^*_{in} / 100)^\gamma + L^*_{min}$ に変換し出力すればよい。出力デバイスが入力デバイスよりも最大濃度が低い（明度 L^* が高い）ときには、 γ の値は1.0～1.3が適当と考えられ、明度方向のずれが大きい程 γ の値を大きくすればよい。逆に、出力デバイスが入力デバイスよりも最大濃度が高い（明度 L^* が低い）ときには、 γ の値は0.75～1.0が適当と考えられ、明度方向のずれが大きい程 γ の値を小さくすればよい。このように、入力デバイスと出力デバイス相互間の明度方向のずれの補正を行うことにより、黒つぶれ等の現象の発生を抑制し、画像の低明度での階調性を保存することが可能となり、出力デバイスの色域も最大限に利用することができるようになる。

【0044】圧縮は、次のように3刺激値を用いて行ってもよい。

【0045】 $(X_{out}) = \text{func}(X_{in})$

$(Y_{out}) = \text{func}(Y_{in})$

$(Z_{out}) = \text{func}(Z_{in})$

ここで、 $A_{out} = \text{func}(A_{in})$ は、

$(A_{out} - A_{min_o}) / (A_{max_o} - A_{min_o})$

$= \{ (A_{in} - A_{min_i}) / (A_{max_i} - A_{min_i}) \}^\gamma$ として定義される関数である。 A_{max_o} , A_{min_o} , A_{max_i} , A_{min_i} は、それぞれ信号の最大値、最小値、入力

信号の最大値、最小値を表している。

【0046】また、人間の視覚と線形な3刺激値に変換を行い、次のような圧縮を行ってもよい。

$$【0047】(X_{out})^{1/3} = \text{func}((X_{in})^{1/3})$$

$$(Y_{out})^{1/3} = \text{func}((Y_{in})^{1/3})$$

$$(Z_{out})^{1/3} = \text{func}((Z_{in})^{1/3})$$

これら3刺激値にはすべてX、Y、Zを使用しているが、他の3刺激値を使用しても構わない。

【0048】「2次元の圧縮：明度・彩度の色域変換」本発明の色域変換は、明度・彩度についての2次元の圧縮が、出力デバイスの色域が入力デバイスの色域よりも小さい場合と、出力デバイスの色域が入力デバイスの色域よりも大きい場合の双方に適用される。図9及び図10に入力系の色域が出力系の色域よりも大きい場合の2次元の圧縮について、図11及び図12に出力系の色域が入力系の色域よりも大きい場合の2次元の圧縮について、それぞれ示す。

【0049】なお、出力デバイスの色域が入力デバイスの色域よりも小さい場合の処理を、出力系の色域を入力系の色域まで広げることから、ここでは2次元伸張と呼ぶ。また、出力デバイスの色域が入力デバイスの色域よりも大きい場合の処理を、出力系の色域を入力系の色域まで縮めるということから、ここでは2次元収縮と呼ぶ。この2次元収縮及び2次元伸張を行うにあたっては、図9及び図11に示すように、色相hを一定の下、明度L*と彩度C*の2次元平面上において、出力系の色再現範囲の彩度最大値C*_{max}を有する明度値L*_{th}上の点(C*_{th}, L*_{th})で互いに交差し、上記出力系の色再現範囲の明度L*の最小値L*_{min}を通る第1の直線l₁と、上記出力系の色再現範囲の明度L*の最大値L*_{max}を通る第2の直線l₂を用いて入力系の色再現領域を4分割する。

【0050】ここで、上述した2直線は、それぞれ出力系の明度L*の最大値L*_{max}および最小値L*_{min}を通り、ある一点で交わっている。そして、この交点は、彩度最大値C*_{max}を有する明度値L*_{th}上の点(C*_{th}, L*_{th})上に位置する。

【0051】上述した2直線は、次の2式を使って表すことができる。

$$【0052】第1の直線l_1 = a_1 \times C + L^*_{min}$$

$$第2の直線l_2 = a_2 \times C + L^*_{max}$$

a₁、a₂はそれぞれ2直線の傾きであり、

$$a_1 = (L^*_{th} - L^*_{min}) / C^*_{th}$$

$$a_2 = (L^*_{th} - L^*_{max}) / C^*_{th}$$

である。ここで、L*_{max}、L*_{min}は、それぞれ出力系の明度の最大値と最小値であり、C*_{max}は出力系の彩度の最大値、L*_{th}はそのときの明度値である。

【0053】また、C*_{th}は、
C*_{th} = C*_{max} × K (定数、0 ≤ K ≤ 1)

で決定されるパラメータである。

【0054】従って、上記入力系の色域は、次のように4分割される。

【0055】

第1の領域AR1: a₁ × C + L*_{min} ≤ l ≤ a₂ × C + L*_{max}

第2の領域AR2: l ≥ a₁ × C + L*_{min}, l ≥ a₂ × C + L*_{max}

第3の領域AR3: l ≤ a₁ × C + L*_{min}, l ≤ a₂ × C + L*_{max}

10 第4の領域AR4: a₂ × C + L*_{max} ≤ l ≤ a₁ × C + L*_{min}

そして、CIE/L*_a*C*_b*h色空間に変換された入力色信号のカラー画像データの値を(L*_{in}, C*_{in})とし、圧縮後のカラー画像データの値を(L*_{out}, C*_{out})として、上記2直線の式にl = L*_{in}, c = C*_{in}を代入して、領域の判別を行う。

【0056】ここで、判別結果が第1の領域AR1であれば、図10及び図12に示すように、そのままの値、すなわち、

$$20 \quad L^*_{out} = L^*_{in}$$

$$C^*_{out} = C^*_{in}$$

とする。

【0057】また、第2の領域AR2であれば、(L*_{min}, 0)、(L*_{in}, C*_{in})を通る直線上で伸張若しくは収縮を行う。この直線上での入力系および出力系の色再現範囲の最大値をそれぞれ(L*_m, C*_m)、(L*_p, C*_p)とし、領域1との境界上の値を(L*_{tmp}, C*_{tmp})とすると、

$$30 \quad L^*_{out} = L^*_{tmp} + L^*_{in} \times (L^*_p - L^*_{tmp}) / (L^*_m - L^*_{tmp})$$

$$C^*_{out} = C^*_{tmp} - C^*_{in} \times (C^*_p - C^*_{tmp}) / (C^*_m - C^*_{tmp})$$

となる。

【0058】また第3の領域AR3であれば、(L*_{max}, 0)、(L*_{in}, C*_{in})を通る直線上で伸張若しくは収縮を行う。この直線上での入力系および出力系の色再現範囲の最大値をそれぞれ(L*_m, C*_m)、(L*_p, C*_p)とし、領域1との境界上の値を(L*_{tmp}, C*_{tmp})とすると、

$$40 \quad L^*_{out} = L^*_{tmp} - L^*_{in} \times (L^*_p - L^*_{tmp}) / (L^*_m - L^*_{tmp})$$

$$C^*_{out} = C^*_{tmp} - C^*_{in} \times (C^*_p - C^*_{tmp}) / (C^*_m - C^*_{tmp})$$

となる。

【0059】さらに、第4の領域AR4であれば、(L*_{th}, C*_{th})、(L*_{in}, C*_{in})を通る直線上で伸張若しくは収縮を行う。この直線上での入力系および出力系の色再現範囲の最大値をそれぞれ(L*_m, C*_m)、(L*_p, C*_p)とすると、

$$50 \quad L^*_{out} = L^*_{th} + L^*_{in} \times (L^*_p - L^*_{th}) / (L^*_m - L^*_{th})$$

$m = L^*_{th}$
 $(L^*_{in} > L^*_{th})$
 $L^*_{out} = L^*_{th} - L^*_{in} \times (L^*_p - L^*_{th}) / (L^*_m - L^*_{th})$
 $(L^*_{in} < L^*_{th})$
 $L^*_{out} = L^*_{in}$
 $(L^*_{in} = L^*_{th})$
 $C^*_{out} = C^*_{th} - C^*_{in} \times (C^*_p - C^*_{th}) / (C^*_m - C^*_{th})$
 となる。

【0060】パラメータKについては、Kを大きくすると彩度方向の変化を小さくすることができ、Kを小さくすることによって明度方向の変化を小さくすることができる。画像出力したときに最適な値は0.5 ≤ K ≤ 1.0であり、再現性の良いプリンタほど大きな値を使用するのがよい。

【0061】「3次元の圧縮：明度・彩度・色相の圧縮」2つの色の知覚的な差を定量的に表したものを色差 ΔE^*_{ab} といい、次の数3に示す色差式により表すことができる。

【0062】

【数3】

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*_{ab})^2 + (\Delta H^*_{ab})^2}$$

【0063】ここで、 ΔL^* 、 ΔC^*_{ab} 、 ΔH^*_{ab} はそれぞれ2つの色の明度差、彩度差、色相差を表しており、この色差 ΔE^*_{ab} が小さいほど2つの色が知覚的に差が小さいことになる。

【0064】本発明の色域変換方法におけるアルゴリズムは、この通常の色差式における3つの項（明度差、彩度差、色相差）にそれぞれ重み（以後、圧縮係数と呼ぶ。）を付け、その上で各色差が最小となるような方向へ色域圧縮を行う。すなわち色差式を次の数4で表される式で仮定した場合に、 ΔE が最小となるような色にマッピングを行う手法である。

【0065】

【数4】

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{Kl}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{Kc}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{Kh}\right)^2}$$

【0066】ここで圧縮係数Kl、Kc、Khについては値を大きくすることによってその項の属性における圧縮率が大きくなる。すなわち、この圧縮係数をいろいろと変化させることにより3属性のうちどの情報を重視して圧縮するかを決定することができる。3つの圧縮係数のうちいずれか1つを大きくすることによって1次元的な圧縮に近づくことになり、同時に2つの圧縮係数を大きくすることによって2次元的な圧縮に近づくことになる。例えば、Klを大きくしていくと明度方向へ、Kcを大きくしていくと彩度方向への圧縮率が大きくなる。ま

た、Kl、Kcを大きくすることにより色相をなるべく動かさないで明度、彩度での2次元で圧縮することに近づく。また、圧縮係数をすべて1にすると通常の式差式と同等となる。

【0067】圧縮係数に関しては、

$$Kc \geq Kh \geq Kl$$

が適当である。

【0068】本発明による色域変換は、上述した明度方向の補正処理である1次元の圧縮を行った後に、

10 (1)：3次元の圧縮を行い、次に2次元の圧縮を行う。又は、

(2)：2次元の圧縮を行い、次に3次元の圧縮を行う。

ことを特徴としている。(1)、(2)の色域圧縮について図13を元に具体例を示す。ここで、入力系の色域は、図13に示す領域A、領域B、領域Cの和であり、出力系の色域は領域Aと領域Bの和である。領域Dは、LUT作成の際に生じるその他の領域である。入力系のデバイスとしてモニタを考える場合には、sRGBを想定することがよい。

20

【0069】なお、各領域については、

領域A：上記第1の直線l₁より上で上記第2の直線l₂より下の領域

領域B：上記領域A以外で出力系の色再現領域に一致する入力系の領域

領域C：入力系の色再現領域で出力系の色再現領域と一致する領域以外の領域

領域D：出力系及び入力系の色再現領域以外の領域と定義される。

30 【0070】3次元の圧縮を行い、次に2次元の圧縮を行う上記(1)の色域変換の方法について、図14及び図15を参照して説明する。この場合は、次の2つの方法を用いた場合に、入力系のモニタに表示された色をプリンタで再現することにおいて良好な結果が得られた。

【0071】第1の方法としては、図14に示すように、まず、領域C、Dで出力系の色域を領域(A+B)とした3次元圧縮を行い、次に領域(B+C)を領域Bへ2次元圧縮（収縮）を行う。

40 【0072】第2の方法としては、図15に示すように、まず、領域B、C、Dで出力系の色域を領域Aとした3次元圧縮を行い、次に領域(B+C)へ2次元圧縮（伸張）を行う。

【0073】2次元の圧縮を行い、次に3次元の圧縮を行う上記(2)の色域変換の方法について、図16及び図17を参照して説明する。この場合は、次の2つの方法を用いた場合に、入力系のモニタに表示された色をプリンタで再現することにおいて良好な結果が得られた。

【0074】第1の方法としては、図16に示すように、まず、領域Bを領域(B+C)へ2次元圧縮（伸張）を行い、次に領域C、Dで出力系の色域を領域(A

+B)とした3次元圧縮を行う方法を用いる。

【0075】第2の方法としては、図17に示すように、まず、領域Bを領域(B+C)へ2次元圧縮(伸張)を行い、次に領域Dで出力系の色域を領域(A+B+C)とした3次元圧縮を行う方法を用いる。

【0076】上述した色域変換方法によれば、色差式における3つの項(明度差 ΔL^* 、彩度差 ΔC^* 、色相差 ΔH^*)それぞれに重みをつけた上での色差が最小となるような色信号に変換することによって、画像のコントラスト、立体感、鮮やかさといった特徴を最大限に保存することが可能となった。また、色相一定のもとで明度、彩度の2次元で領域分割を行い、それぞれの領域ごとに最適な圧縮を行うことにより、彩度の大きい領域での階調性を保存することが可能となった。さらに、入力デバイスと出力デバイス相互間の明度方向のずれの補正を行うことにより、黒つぶれ等の現象の発生を抑制し、画像の低明度での階調性を保存することが可能となり、出力デバイスの色域も最大限に利用することが可能となった。

【0077】したがって、上述した色域変換方法によれば、出力系の色域が入力系よりも小さく、出力系の色域外の色信号が入力された場合であっても、出力系の色域に変換する際に、画像のコントラスト、立体感、鮮やかさといった特徴を最大限に保存することが可能となる。さらに、出力デバイスの色域が入力デバイスの色域よりも大きい場合であっても、出力系の色域に変換する際に、画像のコントラスト、立体感、鮮やかさといった特徴を最大限に保存することが可能となる。

【0078】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、出力系の色再現範囲と入力系の色再現範囲とが異なる場合に、明度方向におけるダイナミックレンジの違いについて、所定の関数により色補正を行い、明度・彩度・色相の3次元レベルの圧縮と明度・彩度の2次元レベルの収縮又は伸張とを組み合わせた色補正を行うことにより、入力系の色再現範囲の色を出力系の色再現範囲の色に変換することとしたので、出力系の色域が入力系のそれよりも小さく、出力系の色域外の色信号が入力された場合であっても、出力系の色域に変換する際に、画像のコントラスト、立体感、鮮やかさといった特徴を最大限に保存することが可能となる。これにより、DTP等の画像出力システムにおける異種デバイス間でより自然な色再現ができるようにしたプリンタ等の出力系デバイスを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ルックアップテーブル(LUT)について説明する図であり、順方向LUTと逆方向LUTとの関係を示す。

【図2】色彩値の測定データをCMY空間上に配置した場合と $L^*a^*b^*$ 空間上に配置した場合とを比較した図

であり、(A)がCMY空間上に配置した場合を、(B)が $L^*a^*b^*$ 空間上に配置した場合をそれぞれ示す。

【図3】色彩値の測定データをもとに逆方向LUTを作成するまでの処理を説明するフローチャートである。

【図4】N'の疑似測定データとしての6面体をCMY空間上に配置した場合と $L^*a^*b^*$ 空間上に配置した場合とを比較した図であり、(A)がCMY空間上に配置した場合を、(B)が $L^*a^*b^*$ 空間上に配置した場合をそれぞれ示す。

【図5】N'の疑似測定データとしての6面体を5個の4面体に分割する場合について説明する図である。

【図6】グリッド上の $L^*a^*b^*$ が、分割された4面体のうちの4面体に入っているかを算出する処理を説明する図である。

【図7】デバイスの違いによる明度方向のずれの補正について説明する図である。

【図8】明度方向のずれを補正する場合に用いられる関数を説明する図である。

【図9】入力系の色域が出力系の色域よりも大きい場合の2次元の圧縮について説明する図である。

【図10】入力系の色域が出力系の色域よりも大きい場合の2次元の圧縮について説明する図である。

【図11】出力系の色域が入力系の色域よりも大きい場合の2次元の圧縮について説明する図である。

【図12】出力系の色域が入力系の色域よりも大きい場合の2次元の圧縮について説明する図である。

【図13】明度・彩度・色相の3次元レベルの圧縮と明度・彩度の2次元レベルの圧縮を組み合わせた色補正について説明する図である。

【図14】3次元の圧縮を行った後に2次元の圧縮を行う処理について説明する図である。

【図15】3次元の圧縮を行った後に2次元の圧縮を行う処理について説明する図である。

【図16】2次元の圧縮を行った後に3次元の圧縮を行う処理について説明する図である。

【図17】2次元の圧縮を行った後に3次元の圧縮を行う処理について説明する図である。

【図18】カラーマネジメントシステムを説明する図である。

【図19】デバイスプロファイルを説明する図である。

【図20】CGモニタの色再現範囲とインクジェットプリンタの色再現範囲をそれぞれ a^*-b^* 平面上で L^* 方向に積分して比較した結果を示す図である。

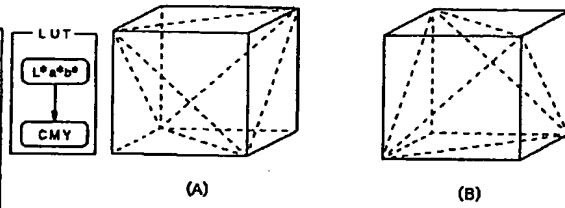
【図21】明度、色相を一定にして、彩度のみを落とす色域変換について説明する図である。

【図22】色相を一定にして、(L^*, a^*, b^*)=(50, 0, 0)の方向へ圧縮を行う色域変換について説明する図である。

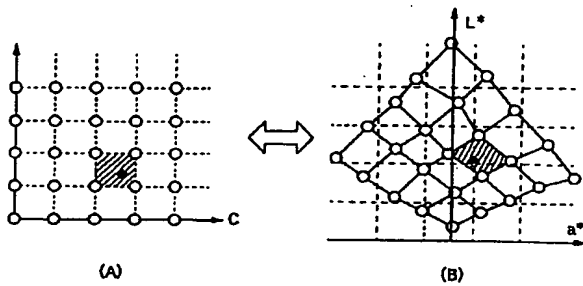
【図1】

順方向 LUT		逆方向 LUT	
CMY	L*a*b*	L*a*b*	CMY
0 0 0	95 0 0	0 -128 -128	0 0 0
0 0 8	94 0 2	0 -128 -120	2 4 2
0 0 16	93 0 6	0 -128 -112	3 5 2
...
0 0 255	85 9 100	0 -128 128	4 2 3
0 8 0	93 2 -9	0 -120 -128	2 5 3
...
0 8 255	76 13 80	0 -120 128	5 2 3
0 16 0	92 5 -19	0 -112 -128	2 5 4
...
0 255 255	41 19 -52	0 128 128	8 5 4
8 0 0	93 -5 -2	3 -128 -128	3 8 5
...
255 255 255	7 0 0	100 128 128	254 253 252

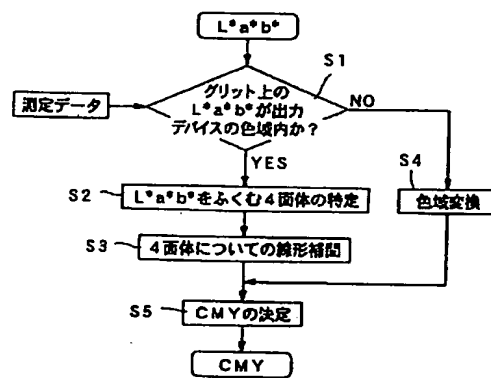
【図5】



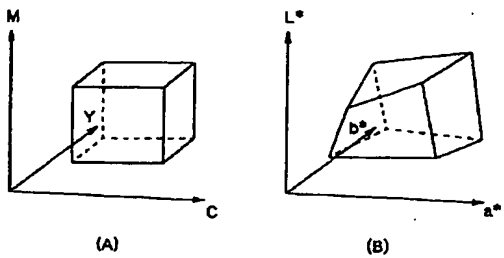
【図2】



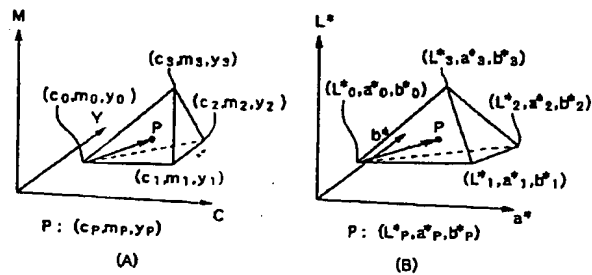
【図3】



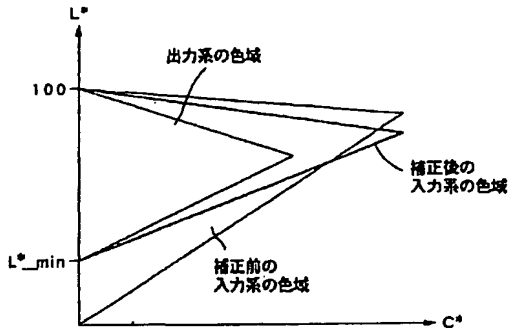
【図4】



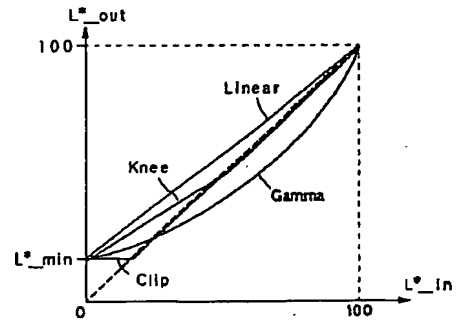
【図6】



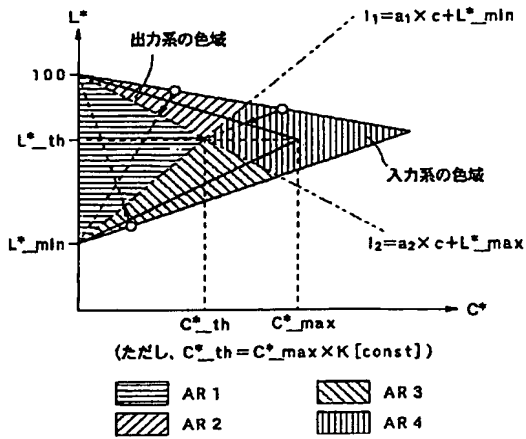
【図 7】



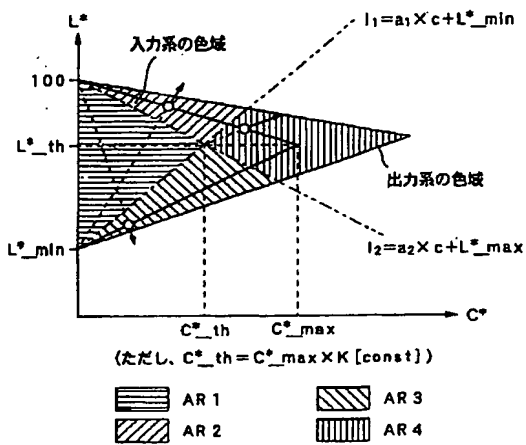
【図 8】



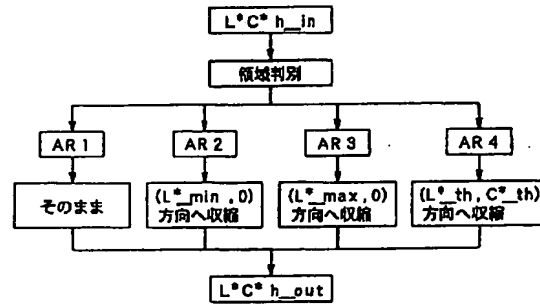
【図 9】



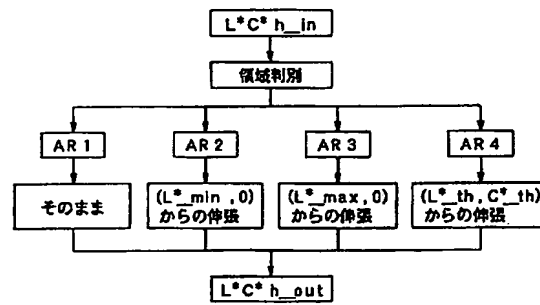
【図 11】



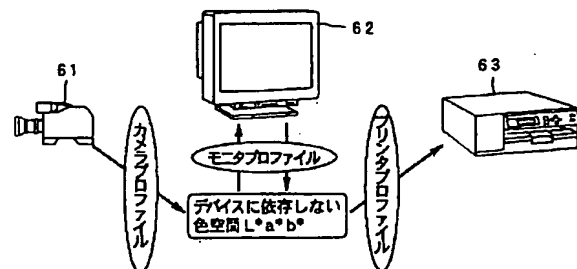
【図 10】



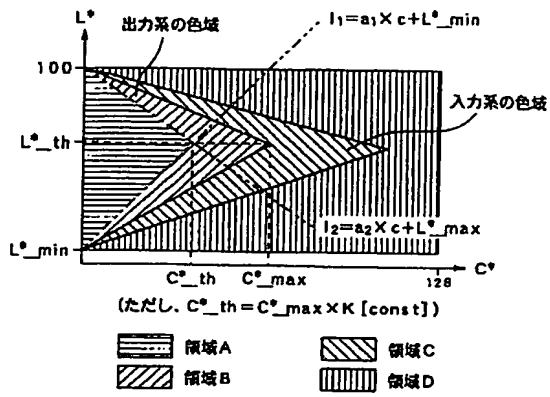
【図 12】



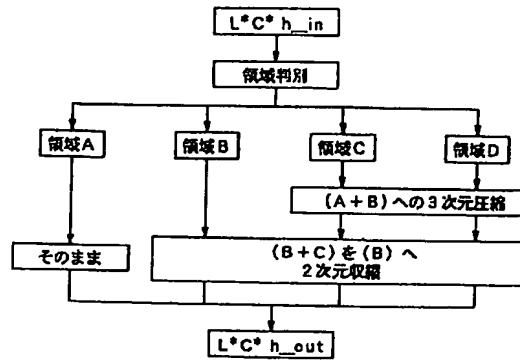
【図 18】



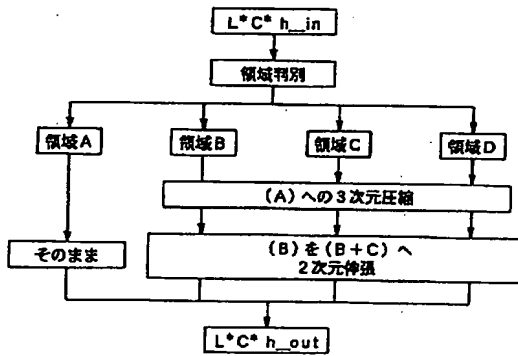
【図13】



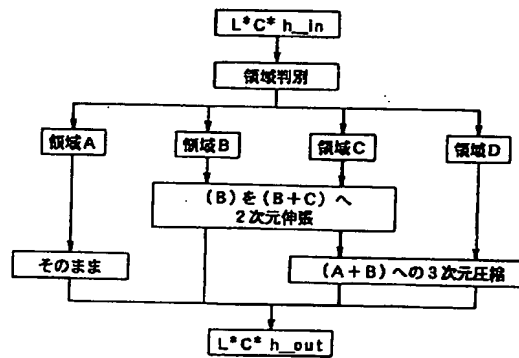
【図14】



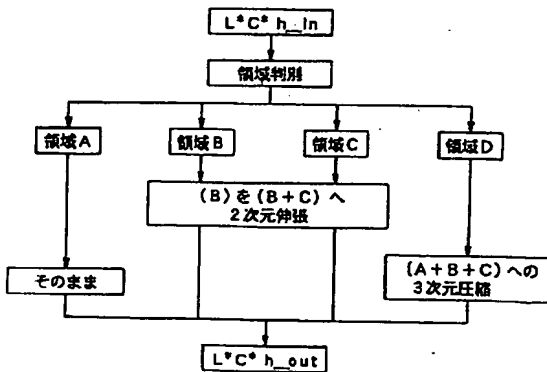
【図15】



【図16】



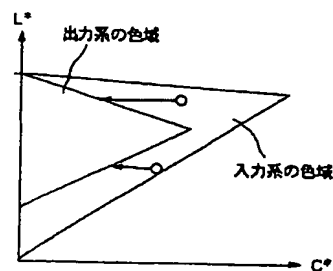
【図17】



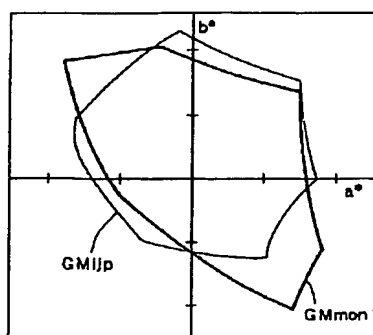
【図19】



【図21】



【図20】



【図22】

